

О ПОЛОЖЕНИИ ЗВЕЗД, ИОНИЗУЮЩИХ ТУМАННОСТИ, НА ИНФРАКРАСНЫХ ДИАГРАММАХ

Плотникова А. Н., Соболев А. М.

Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия

tyww@yandex.ru, andrej.sobolev@urfu.ru

Аннотация. В работе рассмотрено положение ионизирующих туманности звезд на инфракрасных диаграммах и влияние околозвездного поглощения на их покраснение.

Ключевые слова: Молодой звездный объект, фотометрические данные, WISE, инфракрасная диаграмма.

ABOUT LOCATION OF THE STARS THAT IONIZE NEBULOSITIES ON THE INFRARED DIAGRAMS

Plotnikova A.N., Sobolev A.M.

Ural federal university Ekaterinburg, Russia

tyww@yandex.ru, andrej.sobolev@urfu.ru

Abstract. In this work was examined the location of ionizing nebulosities of stars on the infrared diagrams and the influence of circumstellar absorption on their reddening.

Key words YSO, photometric data, WISE, infrared diagrams.

ВВЕДЕНИЕ

Молодые звездные объекты – звезды на ранних этапах эволюции, переходный этап от газопылевого облака к звездам главной последовательности.

I классу объектов свойственно наличие большого количество околозвездного вещества. Также им характерно присутствие межзвездного вещества, так как образование звёзд происходит в газопылевом облаке.

II и III класс находятся на следующей ступени эволюции. Околозвездного вещества у этих объектов становится меньше, так как излучение звезды разгоняет окружающую материю. Межзвездное вещество на данном этапе не испытывает сильных изменений по сравнению со звездами I класса.

Для изучения данного типа объектов нами выбраны данные из каталога точечных источников всего неба WISE (каталог космического телескопа WISE).

Данный космический телескоп производил обзор всего неба в четырех длинах волн для которых характерно (рис. 1):

полоса W1 – 3,4 мкм – теплового изучения звёзд и галактик;

полоса W2 – 4,6 мкм – обнаруживает инфракрасное излучение дозвёздных объектов, например, таких как коричневые карлики;

полоса W3 – 12 мкм – обнаруживает тепловое излучение от астероидов;

полоса W4 – 22 мкм – изучения области образования звёзд.

Длины волн, наблюдаемые выбранным нами спутником, соответствуют диапазону, свойственному для изучения молодых звездных объектов (2,2–20 мкм.). Еще одним плюсом спутника WISE является тот факт, что им был сделан обзор всего неба, что позволяет изучать молодые звездные объекты из областей, не попавших в программы наблюдения других инфракрасных спутников.

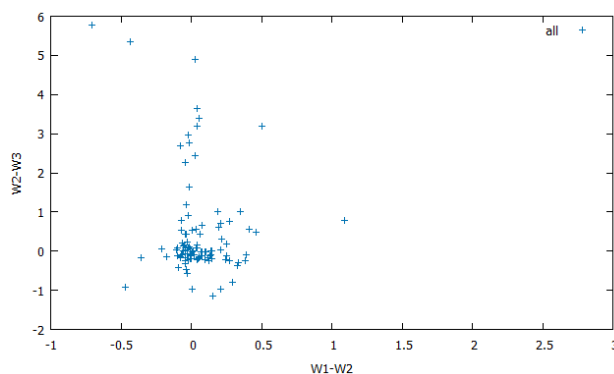


Рисунок 1 – Двухцветная диаграмма, построенная на основе данных о всех исследуемых источниках

Применимо к нашим объектам, на первых полосах W1 и W2 преимущественно излучение самой молодой звезды, а на более длинноволновых W3 и W4 больший вклад дает излучение окружающего вещества. Следовательно, по смещению положения звезды на двухцветной диаграмме в длинноволновую область можно судить о вкладе в фотометрические показатели околозвездного и межзвездного вещества. А по положению самой звезды можно судить о том, к какому типу она относится.

Для исследования нами выбраны объекты, представленные в работе В.С. Аведисовой и Г.И. Кондратенко. Эти звезды являются молодыми звездными объектами II и III классов.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной работы является определить положение сгущения(ий) молодых звездных объектов на инфракрасных диаграммах (W1-W2, W2-W3) и

изучить влияние вещества, окружающего звезду, на ее положение и смещение относительно основного(ых) сгущения(ий).

Для достижения поставленной задачи из работы В.С. Аведисовой и Г.И. Кондратенко был взят список источников, ионизирующих туманности. Далее на основе данных каталога точечных источников инфракрасных обзоров всего неба WISE были построены диаграммы, по осям которых отложены показатели цвета (рис. 2):

$$W_i - W_j$$

где W_i — звездная величина звезды при наблюдении ее в соответствующей полосе спутника WISE.

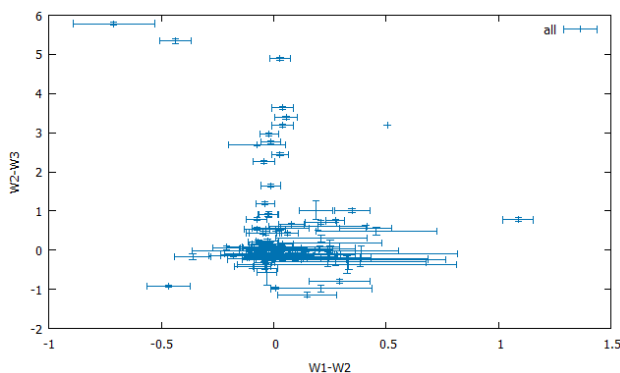


Рисунок 2 – Двухцветная диаграмма, построенная на основе данных о всех исследуемых источниках с погрешностями

А также были рассчитаны погрешности и нанесены на диаграмму (рис. 2), что позволило нам проверить точность полученной картины.

На полученной диаграмме (рис. 3) мы видим сгущение объектов (локус) в определенной области диаграммы. А также вертикальную линейную тенденцию к смещению для некоторого числа звезд.

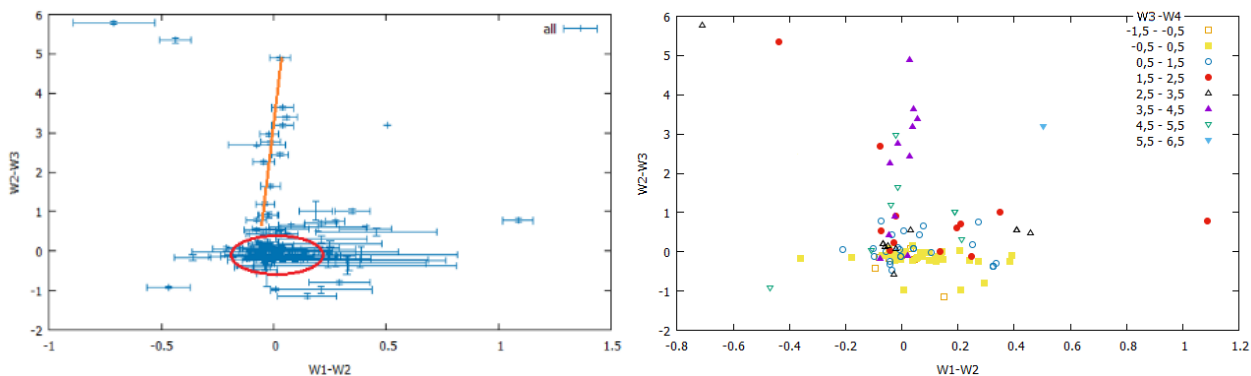


Рисунок 6 – Двухцветная диаграмма, построенная на основе данных о всех исследуемых источниках с погрешностями. Красным овалом обозначено сгущение. Оранжевая прямая выделяет вертикальную тенденцию к смещению. (слева) Двухцветная диаграмма, раскрашенная в соответствии с показателем

цвета W3-W4. Здесь объекты разбиты на 8 групп, каждой из которых соответствует определенный диапазон показателя цвета W3-W4. (справа)

Далее мы раскрасили полученную диаграмму в соответствии с показателем цвета W3-W4 (рис. 3), чтобы посмотреть на изменение излучения источников в более длинноволновой области.

По данным наблюдениям нами было высказано предположение о том, что основное место сгущения объектов является областью, характерной для молодых звездных объектов. А вертикальное смещение вызвано наличием вокруг выбранных нами молодых звездных объектов I и II классов межзвездного вещества. Так как смещение направлено в более длинноволновую область. Также это подтверждает раскраска по третьему показателю цвета W3-W4. Звезды, имеющие больший третий показатель цвета расположены преимущественно над центром сгущения.

Это предположение было проверено нами с помощью трехцветных изображений каждой звезды с космического телескопа WISE (рис. 4). Снимки были проанализированы на наличие излучения того или иного типа объектов (молодая звезда, околозвездное вещество, межзвездное вещество).

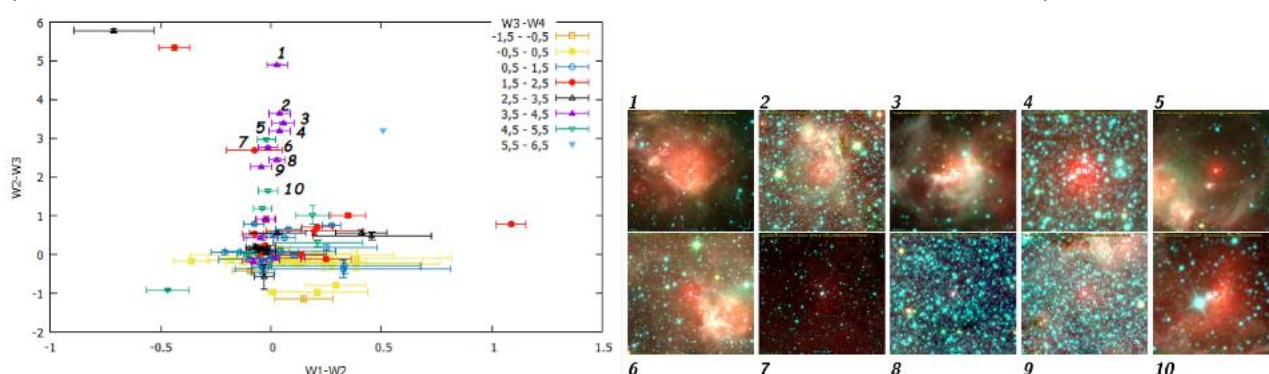


Рисунок 7 – Двухцветная диаграмма, построенная на основе данных о всех исследуемых источниках. Раскрашена в соответствии с показателем цвета W3-W4 с погрешностями. Здесь пронумерованы звезды, составляющие

вертикальное линейное отклонение. (слева) Снимки звезд вертикальной тенденции с космического телескопа WISE. Синий цвет соответствует излучению на длине волны W1 – 3,4 мкм, зеленый – W2 – 4,6 мкм, красный – W3 – 12 мкм. Разрешение изображений около 20' x 20'. Околозвездное вещество на данных снимках не разрешается, его положение совпадает с областью излучения самой звезды. Межзвездное вещество находится в радиусе $\approx 1/10$ представленных изображений (на снимке 5 оно явно выделяется относительно других источников излучения (раскрашено красным цветом)). (справа)

По данным снимкам (рис. 4) можно удостовериться, что с уменьшением порядкового номера изображения (с увеличением показателя цвета $W2 - W3$) излучение на длине волны 12 мкм областей, имеющих отношение к межзвездному веществу, увеличивается.

Также нами были проверены источники на диаграмме, не попавшие в две выделенные нами группы (рис. 5).

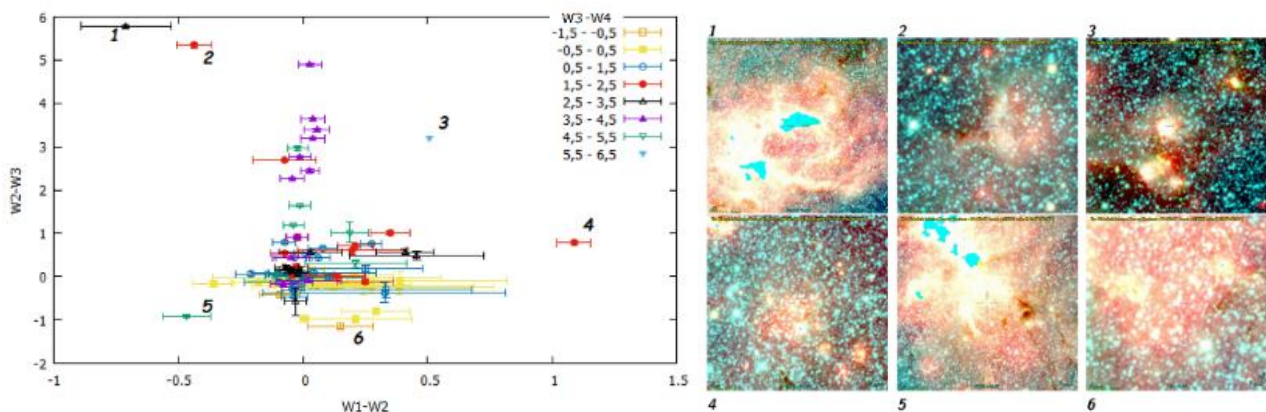


Рисунок 8 – Двухцветная диаграмма на основе данных о всех исследуемых источниках. Раскрашена в соответствии с показателем цвета $W3-W4$ с погрешностями. Здесь пронумерованы звезды, имеющие аномальное отклонение. (слева) Снимки звезд (WISE), имеющих аномальное отклонение. Синий цвет соответствует излучению на длине волны $W1 - 3,4$ мкм, зеленый – $W2 - 4,6$ мкм, красный – $W3 - 12$ мкм. Разрешение изображений около $45' \times 45'$. (справа)

Из изображений (рис. 5) видно, что эти звезды относятся к аномальным объектам. На 1 и 5 снимке источники находятся в области, непригодной для проведения фотометрии, так как на луче зрения находится объект, обладающий высокой, по сравнению с окружающими объектами, интенсивностью излучения. На 4 и 6 звезды выглядят как визуально двойные. На 2 и 3 звезда соседствует с ярким по сравнению с ней самой объектом, который искажает ее фотометрические показатели. Из этого можно сделать вывод, что подобные объекты мы имеет право исключить из нашего исследования, представленные случаи являются нестандартными и требуют дополнительного исследования.

На следующем этапе мы проверили по снимкам с космического телескопа WISE все оставшиеся звезды, представленные на диаграмме, на предмет наличия какого-либо окружающего звезду вещества или иных объектов, способных повлиять на фотометрические показатели. На них не было выявлено наличия яркого межзвездного вещества (рис. 6).

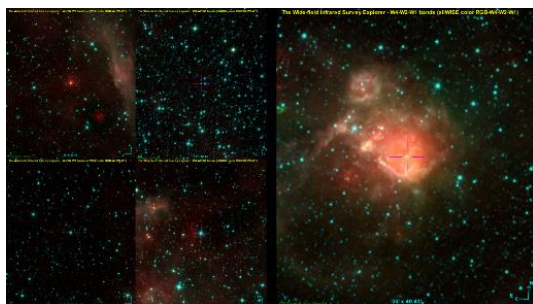


Рисунок 9 – Слева представлены случайные снимки звезд основного сгущения. Справа для сравнения представлен снимок звезды, принадлежащей вертикальной тенденции. Разрешение изображения около 35' x 40'

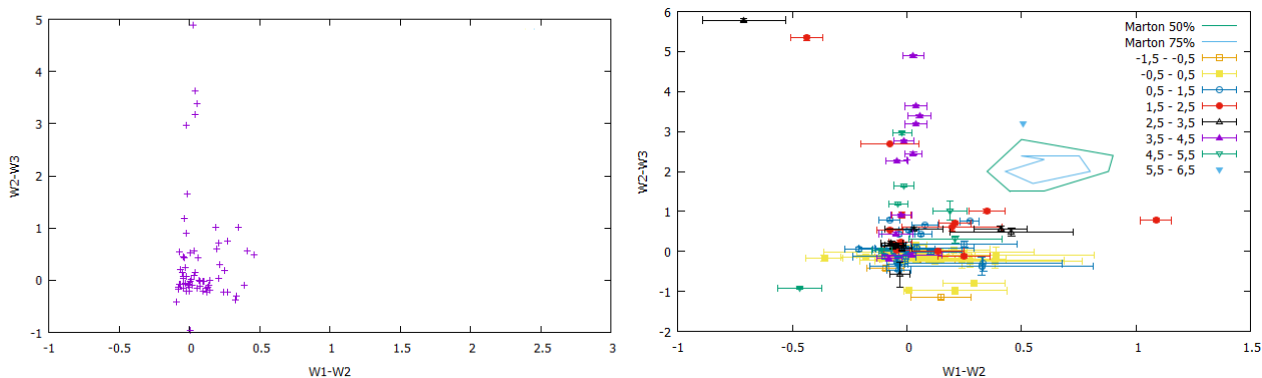


Рисунок 10 – Двухцветная диаграмма без звезд, относящихся к исключениям.(слева) Сравнительная двухцветная диаграмма.(справа)

Исключив визуально двойные и другие звезды, находящиеся в пространственной ситуации, искажающей фотометрические данные, мы получили диаграмму (рис. 7), на которой четко видно основное сгущение молодых звезд и вертикальная линейная тенденция.

На заключительном этапе нами было проведено сравнение полученных результатов с данными, представленными в статье G. Marton с соавторами о молодых звездных объектах I класса, имеющих по сравнению со II и III классами, большое количество околозвездного вещества.

На диаграмме видно, что отклонение молодых звездных объектов I класса отличается от выявленной нами тенденции для II и III классов, это объясняется тем, что в искажение фотометрии этих молодых звезд добавляет свой вклад околозвездное вещество, которое излучает на более коротких длинах волн, чем межзвездное, что дает возможность влиять на яркость звезды на длине волны W2 – 4,6 мкм. За счет чего звезда сдвигается по диаграмме не только вверх, но еще и вправо.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами было проведено исследование положения звезд, ионизирующих туманности, на двухцветных диаграммах на основе данных из каталога точечных источников всего неба WISE. Было определено место концентрации молодых звезд. Также было определено влияние околозвездного и

межзвездного вещества на фотометрические показатели источников и соответственно на положение звезд на диаграмме. Межзвездное вещество смещает звезду на двухцветной диаграмме вверх, т. е. к излучению звезды на длинах волн около $W3 - 12$ мкм добавляется излучение межзвездного вещества. Данный вид смещения характерен для молодых звездных объектов всех трех классов. Околозвездное вещество начинает излучать на длинах волн около $W2 - 4,6$ мкм, что искажает фотометрию молодых звездных объектов I класса (т. к. только им свойственно наличие околозвездного вещества), что смещает их положение на диаграмме вправо.

На основе этих результатов можно судить о типе и окружающем веществе других объектов. По их положению на двухцветной диаграмме можно определить какой вклад в фотометрию дает околозвездное и межзвездное вещество, а, следовательно, и к какому классу можно отнести звезду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Lada, Charles J.* Star Formation: From OB Associations to Protostars // *Star Forming Regions: Proceedings of the 115th Symposium of the International Astronomical Union Held in Tokyo, Japan, November 11–15, 1985.* — Dordrecht : D. Reidel, 1987. — P. 1-17. — ISBN 978-90-277-2388-8.
2. (March 1993) «Submillimeter Continuum Observations of Ophiuchi A: The Candidate Protostar VLA 1623 and Prestellar Clumps». *The Astrophysical Journal*, Part 1 406 (1): 122-141. DOI:10.1086/172425. Bibcode: 1993ApJ...406..122A.
3. (October 1994) «Further Mid-infrared Study of the Ophiuchi Cloud Young Stellar Population: Luminosities and Masses of Pre-main-sequence Stars». *The Astrophysical Journal, Part 1* 434 (2): 614-626. DOI:10.1086/174763. Bibcode: 1994ApJ...434..614G.
4. *Avedisova, V. S.* Exciting stars and the distances of the di_use nebulae / V. S. Avedisova, G. I. Kondratenko // *Nauchnye Informatsii.* - 1984. - Vol. 56. - P. 59.
5. An all-sky support vector machine selection of WISE YSO candidates / *G. Marton, L. V. T'oth, R. Paladini et al.* // - 2016. - . - Vol. 458. - P. 3479-3488.